

CFo 13834 us
09/396.740 / fu

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1998年 9月25日

出 願 番 号
Application Number:

平成10年特許願第272283号

出 願 人
Applicant (s):

キヤノン株式会社

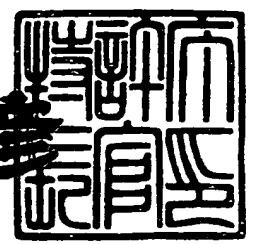


CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

1999年10月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



【書類名】 特許願

【整理番号】 3713009

【提出日】 平成10年 9月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 5/00

【発明の名称】 画像処理装置、方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体

【請求項の数】 34

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 新島 弘之

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100090273

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 國分 孝悦

 【電話番号】 03-3590-8901

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 035493

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9705348

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理装置、方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換手段と、
上記変換画像を平滑して第 1 の平滑化画像を得る第 1 の平滑手段と、
上記入力画像を平滑して第 2 の平滑化画像を得る第 2 の平滑手段と、
上記入力画像と上記第 2 の平滑化画像との差分を計算する減算手段と、
上記計算手段の出力に定数を乗算する乗算手段と、
上記乗算手段の出力と上記第 1 の平滑化画像とを加算する加算手段とを設けた
ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 入力画像を平滑して平滑化画像を得る平滑手段と、
上記平滑化画像を階調変換し変換画像を得る階調変換手段と、
上記入力画像と上記平滑化画像との差分を計算する減算手段と、
上記減算手段の出力に定数を乗算する乗算手段と、
上記乗算手段の出力と上記変換画像とを加算する加算手段とを設けたことを特
徴とする画像処理装置。

【請求項 3】 入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換手段と、
上記入力画像を平滑して平滑化画像を得る平滑手段と、
上記入力画像と上記平滑化画像との差分を計算する減算手段と
上記減算手段の出力に定数を乗算する乗算手段と、
上記乗算手段の出力と上記変換画像とを加算する加算手段とを設けたことを特
徴とする画像処理装置。

【請求項 4】 入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換手段と、
上記変換画像を平滑して第 1 の平滑化画像を得る第 1 の平滑手段と、
上記入力画像を平滑して第 2 の平滑化画像を得る第 2 の平滑手段と、
上記入力画像と上記第 2 の平滑化画像との差分を計算する減算手段と
上記減算手段の出力に定数を乗算する乗算手段と、
上記乗算手段の出力と上記第 1 の平滑化画像とを加算する加算手段とを設けた
ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項5】 入力画像の階調を変換して変換画像を得る階調変換手段と、
上記階調変換手段で用いる階調変換曲線の微係数を記憶する記憶手段と、
上記変換画像を平滑して平滑化画像を得る平滑手段と、
上記平滑化画像と上記変換画像との差分を計算して高周波成分を得る計算手段
と、

上記計算された高周波成分を上記変換画像に上記記憶された微係数に基づいて
足し込む足し込み手段とを設けたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項6】 入力画像の階調を変換して変換画像を得る階調変換手段と、
上記階調変換手段で用いる階調変換曲線の微係数を記憶する記憶手段と、
上記入力画像を平滑して平滑化画像を得る平滑手段と、
上記平滑化画像と上記入力画像との差分を計算して高周波成分を得る計算手段
と、

上記計算された高周波成分を上記変換画像に上記記憶された微分係数に基づい
て足し込む足し込み手段とを設けたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項7】 上記平滑手段は、モルフォロジカルフィルタを用いることを
特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の画像処理装置。

【請求項8】 上記平滑手段は、濃度平均値により平滑することを特徴とす
る請求項1～6のいずれか1項に記載の画像処理装置。

【請求項9】 第1の画像の平滑化画像（低周波画像）の画素値に、第2の
画像の高周波成分を任意の割合で加算もしくは減算することを特徴とする画像処
理方法。

【請求項10】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$ の平滑化画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ 、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理
効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + F(x, y) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされる画像処理方法。

【請求項11】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$

x, y の平滑化画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ 、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + F(f_1(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされる画像処理方法。

【請求項12】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$ の平滑化画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ 、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + F(f_0(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされる画像処理方法。

【請求項13】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$ の平滑化画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ 、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + F(f_{us}(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされる画像処理方法。

【請求項14】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$ の平滑化画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ 、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + F(f_{uso}(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされる画像処理方法。

【請求項15】 第1の画像の画素値に、第2の画像の高周波成分を任意の割合で加算もしくは減算することを特徴とする画像処理方法。

【請求項16】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像の画素値 $f_0(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ ($f_0(x, y) \neq f_1(x, y)$)、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + F(x, y) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされる画像処理方法。

【請求項17】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像の画素値 $f_0(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ ($f_0(x, y) \neq f_1(x, y)$)、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + F(f_1(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされる画像処理方法。

【請求項18】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像の画素値 $f_0(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ ($f_0(x, y) \neq f_1(x, y)$)、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + F(f_0(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされる画像処理方法。

【請求項19】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像の画素値 $f_0(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ ($f_0(x, y) \neq f_1(x, y)$)、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + F(f_{us}(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされる画像処理方法。

【請求項20】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像の画素

値 $f_0(x, y)$ 、第1の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ ($f_0(x, y) \neq f_1(x, y)$)、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + F(f_{uso}(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされる画像処理方法。

【請求項21】 階調変換関数を $F_1()$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$ と第2の画像 $f_1(x, y)$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$f_0(x, y) = F_1(f_1(x, y))$ なる関係を有することを特徴とする請求項7～19のいずれか1項に記載の画像処理方法。

【請求項22】 階調変換関数を $F_1()$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$ と第2の画像 $f_1(x, y)$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$f_0(x, y) = F_1(f_{uso}(x, y))$ なる関係を有することを特徴とする請求項7～19のいずれか1項に記載の画像処理方法。

【請求項23】 階調変換関数を $F_1()$ 、第1の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ と第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$f_{us}(x, y) = F_1(f_{uso}(x, y))$ なる関係を有することを特徴とする請求項8～13のいずれか1項に記載の画像処理方法。

【請求項24】 階調変換関数を $F_1()$ 、階調変換率 $c(x, y)$ 、処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ 、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_0(x, y) = F_1(f_1(x, y))、$$

$$c(x, y) = \partial F_1(f_1(x, y)) / \partial f_1(x, y)$$

なる関係を有し、

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + (1 - c(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表される画像処理方法。

【請求項 25】 階調変換関数を $F1()$ 、階調変換率 $c(x, y)$ 、処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、階調変換後の画像の画素値 $f_0(x, y)$ 、階調変換後の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ 、階調変換前の画像の画素値 $f_1(x, y)$ 、画像上の座標 x, y 、定数 a を用い、

$$f_0(x, y) = F1(f_1(x, y)),$$

$$c(x, y) = \partial F1(f_1(x, y)) / \partial f_1(x, y)$$

なる関係を有し

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + a \times (1/c(x, y)) \times (f_0(x, y) - f_{uso}(x, y))$$

なる演算式で表される画像処理方法。

【請求項 26】 モルフロジカルフィルタを用いた平滑化画像を用いることを特徴とする請求項 9～25 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

【請求項 27】 濃度平均値を用いた平滑化画像を用いることを特徴とする請求項 9～25 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

【請求項 28】 上記第 1 の画像は、入力画像を階調変換した画像であり、上記第 2 の画像は、上記入力画像であることを特徴とする請求項 9～25 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

【請求項 29】 入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換処理と、上記変換画像を平滑して第 1 の平滑化画像を得る第 1 の平滑処理と、上記入力画像を平滑して第 2 の平滑化画像を得る第 2 の平滑処理と、上記入力画像と上記第 2 の平滑化画像との差分を計算する減算処理と、上記減算出力に定数を乗算する乗算処理と、上記乗算出力と上記第 1 の平滑化画像とを加算する加算処理とを実行するためのプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 30】 入力画像を平滑して平滑化画像を得る平滑処理と、上記平滑化画像を階調変換し変換画像を得る階調変換処理と、上記入力画像と上記平滑化画像との差分を計算する減算処理と、上記減算出力に定数を乗算する乗算処理と、

上記乗算出力と上記変換画像とを加算する加算処理とを実行するためのプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 3 1】 入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換処理と、
 上記入力画像を平滑して平滑化画像を得る平滑処理と、
 上記入力画像と上記平滑化画像との差分を計算する減算処理と
 上記減算出力に定数を乗算する乗算処理と、

上記乗算出力と上記変換画像とを加算する加算処理とを実行するためのプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 3 2】 入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換処理と、
 上記変換画像を平滑して第 1 の平滑化画像を得る第 1 の平滑処理と、
 上記入力画像を平滑して第 2 の平滑化画像を得る第 2 の平滑処理と、
 上記入力画像と上記第 2 の平滑化画像との差分を計算する減算処理と、
 上記減算に定数を乗算する乗算処理と、
 上記乗算出力と上記第 1 の平滑化画像とを加算する加算処理とを実行するためのプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 3 3】 入力画像の階調を変換して変換画像を得る階調変換処理と
 、
 上記変換画像を平滑して平滑化画像を得る平滑処理と、
 上記平滑化画像と上記変換画像との差分を計算して高周波成分を得る減算処理
 と、

上記減算された高周波成分を上記変換画像に上記記憶された微係数に基づいて
 足し込む足し込み処理とを実行するためのプログラムを記憶したコンピュータ読
 み取り可能な記憶媒体。

【請求項 3 4】 上記請求項 9 ～ 2 5 のいずれか 1 項に記載の演算式を用い
 た演算処理を実行するためのプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な
 記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、X線画像等の画像の高周波成分を保持した状態で階調変換を行う画像処理装置、方法及びこれらに用いられるコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

例えば、X線胸部画像は、X線が透過しやすい肺野の画像、及びX線が非常に透過しにくい縦隔部の画像より構成されるため、画素値の存在するレンジが非常に広い。このため、肺野及び縦隔部の両方を同時に観察することが可能なX線胸部画像を得ることは困難であるとされてきた。

【0003】

そこで、この問題を回避する方法として、従来より次のような種々の方法が提案されている。

まず、SPIE Vol. 626. Medicine XIV/PACS IV (1986)に記載される方法がある。この方法は処理後の画素値 S_D 、オリジナル画素値（入力画素値） S_{ORG} 、オリジナル画像（入力画像）の低周波画像の画素値 S_{US} 、定数 A 、 B 、 C （例えば $A=3$ 、 $B=0.7$ ）をもって、

$$S_D = A [S_{ORG} - S_{US} + B (S_{US})] + C \quad \text{—— (1)}$$

なる式（1）で表わされるものである。

【0004】

この方法は、高周波成分（第1項）、低周波成分（第2項）の重み付けを変えることが可能で、例えば $A=3$ 、 $B=0.7$ では高周波成分を強調し、かつ全体のダイナミックレンジを圧縮する効果が得られるものである。この方法は、処理無し画像と比較して診断に有効であるという評価が5人の放射線医により得られている。

【0005】

また、第2509503特許公報には、処理後の画素値 S_D 、オリジナル画素値（入力画素値） S_{ORG} 、オリジナル画像（入力画像）のY方向プロファイルの平均プロファイル P_y とX方向プロファイルの平均プロファイル P_x をもって、

$$S_D = S_{ORG} + F [G (P_x, P_y)] \quad \text{—— (2)}$$

なる式 (2) で表される方法が記載されている。

【0006】

ここで、関数 $f(x)$ が有する特性について説明する。まず、「 $x > Dth$ 」では $f(0)$ が「0」となり、「 $0 \leq x \leq Dth$ 」では $f(x)$ が切片を「E」、傾き「 E/Dth 」として単調減少するものであり、(3) 式で表されるものである。

$$F[x] = E - (E/Dth) X \quad \text{--- (3)}$$

$$Py = (\sum Py_i) / n \quad \text{--- (4)}$$

$$Px = (\sum Px_i) / n \quad \text{--- (5)}$$

但し、($i = 1 \sim n$)、 Py_i 、 Px_i はプロファイル。そして例えば

$$G = (Px, Py) = \max(px, py) \quad \text{--- (6)}$$

で表されるものである。この方法は、低周波画像の画素値 Dth 以下の濃度レンジが圧縮されるものである。

【0007】

また、上記公報と同様な方法として、「自己補償デジタルフィルタ」(国立がんセンター、阿南氏他、日本放射線技術学会誌 第45巻第8号1989年8月 1030頁) と呼ばれる方法がある。この方法は、補償後(処理後)の画素値 S_D 、オリジナル画素値(入力画素値) S_{ORG} 、オリジナル画像(入力画像)をマスクサイズ $M \times M$ 画素で移動平均をとった時の平均画素値 S_{US} 、図16の単調減少関数 $f(X)$ を用い、

$$S_D = S_{ORG} + f(S_{US}) \quad \text{--- (7)}$$

$$S_{US} = \sum S_{ORG} / M^2 \quad \text{--- (8)}$$

なる式 (7)、(8) で表わされるものである。

【0008】

ここで、関数 $f(S_{US})$ が有する特性について説明すると、まず、図16に示す特性は、「 $S_{US} > BASE$ 」では $f(S_{US})$ が「0」となり、「 $0 \leq S_{US} \leq BASE$ 」では $f(S_{US})$ が切片を「しきい値 $BASE$ 」、傾き「 $SLOPE$ 」として単調減少するものである。従って、オリジナルの画素値 S_{ORG} を濃度相当量として、上記 (7) 式を実行した際には、画像の平均濃度の低いところで濃度を

持ち上げる、という画像に対する効果が得られる。

【0009】

この方法は、上記(2)式と低周波画像の作成方法が異なり、(2)式では1次元データで低周波画像を作成していたのに対して、2次元データで低周波画像を作成するものである。この方法も低周波画像の画素値でDth以下の濃度値を圧縮するものである。

【0010】

また、第2663189号特許公報には、単調増加関数 $f_1(X)$ をもって、

$$S_D = S_{ORG} + f_1(S_{US}) \quad \text{—— (9)}$$

$$S_{US} = \sum S_{ORG} / M^2 \quad \text{—— (10)}$$

で表される方法が記載されている。

【0011】

ここで、関数 $f_1(x)$ が有する特性について説明する。まず、「 $x < Dth$ 」では $f_1(x)$ が「0」となり、「 $Dth \leq x$ 」では $f_1(x)$ が切片を「E」、傾き「 E/Dth 」として単調減少するものであり、(11)式で表されるものである。

$$f_1[x] = E - (E/Dth) X \quad \text{—— (11)}$$

【0012】

また、特許第1530832号公報には、一定濃度値以上の画像の高周波成分を強調する鮮鋭化方法が示されている。この方法は、超低周波数成分を強調すると共に、雑音の占める割合が大きい高周波成分を相対的に低減し、視覚的に見やすい画像が得られるようにすること及び偽画像を防止し、また雑音の増大を防止して診断性能を向上させることを目的とするものである。

【0013】

定数Bを S_{OR} 又は S_{US} の値の増大に応じて単調増加する変数とし、

$$S_D = S_{ORG} + B(S_{ORG} - S_{US}) \quad \text{—— (12)}$$

$$S_{US} = \sum S_{ORG} / M^2 \quad \text{—— (13)}$$

なる式(12)(13)で表わされるものがある。上記(12)式を実行した際には、画像の高周波成分を強調できるという効果がある。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した SPIEV o 1. 626. Medicine XIV / PACS IV (1986) に記載される方法では、一定濃度範囲のダイナミックレンジを圧縮する思想がないので、画像全体のダイナミックレンジを均等に圧縮する。そのため、一定濃度範囲だけを圧縮することができず、そのため、例えば肺正面画像に本手法を用いた場合、縦隔部のみならず診断に有効な肺部の濃度レンジをも圧縮してしまうという問題があり、縦隔部のみを圧縮した場合よりも診断能が下がるという問題があった。

【0015】

また、上記「自己補償デジタルフィルタ」による方法では、上記関数 $f(S_{US})$ の形状を、例えば BASE までを一定比率で減少する（線形である必要がある）ようにしないと、高周波成分に不自然な歪みが生じる問題がある。従って、高周波成分の振幅の大きさをオリジナル画像（入力画像）の高周波成分の振幅に保ったまま、階調の圧縮を非線形に自在に行えないという問題があった。

【0016】

また、一般にダイナミックレンジ圧縮された画像は、CRT 表示、フィルム出力する場合に、再度階調変換する。上記「自己補償デジタルフィルタ」による方法等では、階調変換後の画像の高周波成分の振幅を調整する思想が無いため、ダイナミックレンジ圧縮した画像は、フィルム出力、画像表示する場合にさらに非線形な階調変換が行われる。そのため、階調変換曲線の傾きに依存し、高周波成分の振幅の大きさが変動する。従って、階調変換後の振幅が非線形に歪む問題や、高周波成分の振幅の大きさを保ってダイナミックレンジ圧縮を行っても、階調変換曲線の傾きが低いところでは高周波成分の振幅が小さくなり、有益情報が消失するという問題があった。また、エッジ部分でオーバーシュートやアンダーシュートがおきるという問題があった。

【0017】

また、上記従来の高周波成分を強調する鮮鋭化方法では、高周波成分の足し込みの強さを自由に調整できるが、ダイナミックレンジを圧縮する思想がなく、濃

度分布の広い画像を一枚のフィルムなどで表示できないという問題があった。

【0018】

本発明は上記のような問題を解決するためになされたもので、画像の濃度分布の幅と高周波成分の振幅を自在に調節できるようにすることを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明による画像処理装置においては、入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換手段と、上記変換画像を平滑して第1の平滑化画像を得る第1の平滑手段と、上記入力画像を平滑して第2の平滑化画像を得る第2の平滑手段と、上記入力画像と上記第2の平滑化画像との差分を計算する減算手段と、上記減算手段の出力に定数を乗算する乗算手段と、上記乗算手段の出力と上記第1の平滑化画像とを加算する加算手段とを設けている。

【0020】

また、本発明による他の画像処理装置においては、入力画像を平滑して平滑化画像を得る平滑手段と、上記平滑化画像を階調変換し変換画像を得る階調変換手段と、上記入力画像と上記平滑化画像との差分を計算する減算手段と、上記減算手段の出力に定数を乗算する乗算手段と、上記乗算手段の出力と上記変換画像とを加算する加算手段とを設けている。

【0021】

また、本発明による他の画像処理装置においては、入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換手段と、上記入力画像を平滑して平滑化画像を得る平滑手段と、上記入力画像と上記平滑化画像との差分を計算する減算手段と、上記減算手段の出力に定数を乗算する乗算手段と、上記乗算手段の出力と上記変換画像とを加算する加算手段とを設けている。

【0022】

また、本発明による他の画像処理装置においては、入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換手段と、上記変換画像を平滑して第1の平滑化画像を得る第1の平滑手段と、上記入力画像を平滑して第2の平滑化画像を得る第2の平滑手段と、上記入力画像と上記第2の平滑化画像との差分を計算する減算手段と、上

記減算手段の出力に定数を乗算する乗算手段と、上記乗算手段の出力と上記第1の平滑化画像とを加算する加算手段とを設けている。

【0023】

また、本発明による他の画像処理装置においては、入力画像の階調を変換して変換画像を得る階調変換手段と、上記階調変換手段で用いる階調変換曲線の微係数を記憶する記憶手段と、上記変換画像の平滑して平滑化画像を得る平滑手段と、上記平滑化画像と上記変換画像との差分を計算して高周波成分を得る計算手段と、上記計算された高周波成分を上記変換画像に上記記憶された微係数に基づいて足し込む足し込み手段とを設けている。

【0024】

また、本発明による他の画像処理装置においては、入力画像の階調を変換して変換画像を得る階調変換手段と、上記階調変換手段で用いる階調変換曲線の微係数を記憶する記憶手段と、上記入力画像を平滑して平滑化画像を得る平滑手段と、上記平滑化画像と上記入力画像との差分を計算して高周波成分を得る計算手段と、上記計算された高周波成分を上記変換画像に上記記憶された微分係数に基づいて足し込む足し込み手段とを設けている。

【0025】

また、本発明による画像処理方法においては、入力画像等を階調変換した変換画像 $f_0(x, y)$ やその平滑化画像 $f_{uso}(x, y)$ 等に対して、入力画像からこの入力画像の平滑化画像を減算する等により得た高周波成分を所定倍したり、あるいは上記高周波成分を入力濃度等に応じて付加するようにしている。

【0026】

また、本発明による記憶媒体においては、入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換処理と、上記変換画像を平滑して第1の平滑化画像を得る第1の平滑処理と、上記入力画像を平滑して第2の平滑化画像を得る第2の平滑処理と、上記入力画像から上記第2の平滑化画像を減算する減算処理と、上記減算出力に定数を乗算する乗算処理と、上記乗算出力と上記第1の平滑化画像とを加算する加算処理とを実行するためのプログラムを記憶している。

【0027】

また、本発明による他の記憶媒体においては、入力画像を平滑して平滑化画像を得る平滑処理と、上記平滑化画像を階調変換し変換画像を得る階調変換処理と、上記入力画像から上記平滑化画像を減算する減算処理と上記減算処理の出力に定数を乗算する乗算処理と、上記乗算出力と上記変換画像とを加算する加算処理とを実行するためのプログラムを記憶している。

【0028】

また、本発明による他の記憶媒体においては、入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換手段と、上記入力画像を平滑して平滑化画像を得る平滑処理と、上記入力画像から上記平滑化画像を減算する減算処理と、上記減算出力に定数を乗算する乗算処理と、上記乗算出力と上記変換画像とを加算する加算処理とを実行するためのプログラムを記憶している。

【0029】

また、本発明による他の記憶媒体においては、入力画像を階調変換し変換画像を得る階調変換処理と、上記変換画像を平滑して第1の平滑化画像を得る第1の平滑処理と、上記入力画像を平滑して第2の平滑化画像を得る第2の平滑処理と、上記入力画像から上記第2の平滑化画像を減算する減算処理と、上記減算出力に定数を乗算する乗算処理と、上記乗算出力と上記第1の平滑化画像とを加算する加算処理とを実行するためのプログラムを記憶している。

【0030】

また、本発明による他の記憶媒体においては、入力画像の階調を階調変換曲線を用いて変換し変換画像を得る階調変換処理と、上記変換画像を平滑して平滑化画像を得る平滑処理と、上記平滑化画像と上記変換画像との差分を計算して高周波成分を得る減算処理と、上記計算された高周波成分を上記階調変換曲線の微係数に基づいて足し込む足し込み処理とを実行するためのプログラムを記憶している。

【0031】

また、本発明による上記各画像処理方法に関する記憶媒体においては、入力画像等を階調変換した変換画像 $f_0(x, y)$ やその平滑化画像 $f_{uso}(x, y)$ 等に対して、入力画像からこの入力画像の平滑化画像を減算する等により得た

高周波成分を所定倍したり、あるいは高周波成分を入力濃度等に応じて付加する演算処理を実行するためのプログラムを記憶している。

【0032】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面と共に説明する。

まず、第1の実施の形態を説明する。

図2は、第1の実施の形態で用いる階調変換関数 $F1()$ を示す。ここで、 $f1(x, y)$ を2次元の入力原画像の濃度値とし、 $f0(x, y)$ を2次元の階調変換後の出力画像（変換画像）の濃度値とし、 x, y を2次元上の座標とする。また、横軸を入力画像の濃度値 $f1(x, y)$ 、縦軸を出力画像（変換画像）の濃度値 $f0(x, y)$ とする。この階調変換曲線では、入力濃度値2500以下の傾き（SLOPE）が0.2、入力濃度値2500より上の傾きが1となっている。

【0033】

図3において、実線が入力画像のプロファイル、 $f1(X)$ 、点線が入力画像の平滑化（低周波）画像 $f_{us}(x, y)$ のプロファイル $f_{us}(X)$ を示す。

図4において、実線が入力画像を図2で示す階調変換曲線で階調変換した画像のプロファイル $f0(X)$ 、点線が階調変換された画像の平滑化（低周波）画像のプロファイル $f_{uso}(X)$ を示す。ここで X は定数とする。

図5は、本実施の形態による画像処理方法の結果を示し、実線が入力画像のプロファイル $f1(X)$ 、点線が本実施の形態により処理された処理済み画像のプロファイル $f_d(X)$ を示す。

【0034】

次に動作について説明する。

まず、入力画像 $f1(x, y)$ を図2で示す階調変換関数 $F1()$ で(14)式に示すように階調変換を行い、出力画像 $f0(x, y)$ を得る。

$$f0(x, y) = F1(f1(x, y)) \quad \text{—— (14)}$$

【0035】

処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ を(5)式に従い得る。ここで $F(x,$

y) は座標に依存した処理効果を表わす関数で、本実施の形態では $F(x, y) = 1$ とする。

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + F(x, y) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y)) \quad (15)$$

【0036】

ここで、 $f_{uso}(x, y)$ は出力画像 (変換画像) $f_0(x, y)$ の平滑化 (低周波) 画像、 $f_{us}(x, y)$ は入力画像 $f_1(x, y)$ の平滑化 (低周波) 画像であり、例えば後述する (16) ~ (20) 式で求められる。平滑化には平均濃度を用いても、Erosion、Dilation、Opening、Closing 等のモルフォロジカルフィルタを用いてもよい。

【0037】

本実施の形態で用いた階調変換曲線 $F_1()$ (図2) では、出力画像 $f_0(x, y)$ の濃度値 2500 以下の高周波成分の振幅は 20% に圧縮され、濃度値 2500 より高ければ、高周波成分の振幅は入力画像の振幅が保存される (図4実線)。

【0038】

上記 $f_{us}(x, y)$ の計算方法を (16) ~ (20) 式とする。 $f_1(x, y)$ を 2次元の入力原画像とすると、

$$f_2(x, y) = \min \{ f_1(x+x_1, y+y_1) - D(x_1, y_1) \mid x_1 \times x_1 + y_1 \times y_1 \leq r_1 \times r_1 \} \quad (16)$$

$$f_3(x, y) = \max \{ f_2(x+x_1, y+y_1) + D(x_1, y_1) \mid x_1 \times x_1 + y_1 \times y_1 \leq r_1 \times r_1 \} \quad (17)$$

$$f_4(x, y) = \max \{ f_3(x+x_1, y+y_1) + D(x_1, y_1) \mid x_1 \times x_1 + y_1 \times y_1 \leq r_1 \times r_1 \} \quad (18)$$

$$f_{us}(x, y) = \min \{ f_4(x+x_1, y+y_1) - D(x_1, y_1) \mid x_1 \times x_1 + y_1 \times y_1 \leq r_1 \times r_1 \} \quad (19)$$

で示される。

【0039】

ここで、 $D(x, y)$ を円盤状フィルタ、 r_1 を任意の定数とし、入力画像に

応じて選択される。

$$D(x, y) = 0, \quad x \times x + y \times y \leq r_1 \times r_1 \\ = -\infty, \quad \text{その他} \quad \text{———} \quad (20)$$

【0040】

ここで得られた $f_{us}(x, y)$ のプロファイル $f_{us}(X)$ (図3点線) はエッジ構造を保存しているものであり、従来のダイナミックレンジ圧縮の欠点であるオーバーシュート、アンダーシュートが起きないものである。

【0041】

同様に、 $f_{us0}(x, y)$ の計算方法を (21) ~ (24) 式とする。
ある。 $f_0(x, y)$ を階調変換後の画像とする。

$$f_5(x, y) = \min \{ f_0(x+x_1, y+y_1) - D(x_1, y_1) \mid \\ x_1 \times x_1 + y_1 \times y_1 \leq r_1 \times r_1 \} \quad \text{———} \quad (21)$$

$$f_6(x, y) = \max \{ f_5(x+x_1, y+y_1) + D(x_1, y_1) \mid \\ x_1 \times x_1 + y_1 \times y_1 \leq r_1 \times r_1 \} \quad \text{———} \quad (22)$$

$$f_7(x, y) = \max \{ f_6(x+x_1, y+y_1) + D(x_1, y_1) \mid \\ x_1 \times x_1 + y_1 \times y_1 \leq r_1 \times r_1 \} \quad \text{———} \quad (23)$$

$$f_{us0}(x, y) = \min \{ f_8(x+x_1, y+y_1) - D(x_1, y_1) \mid \\ x_1 \times x_1 + y_1 \times y_1 \leq r_1 \times r_1 \} \quad \text{———} \quad (24)$$

【0042】

ここで得られた $f_{us0}(x, y)$ のプロファイル $f_{us0}(X)$ (図4点線) はエッジ構造を保存しているものであり、 $f_0(X)$ との交点位置が、 $f_{us}(X)$ と $f_1(X)$ との交点位置と同一点となるものである。

【0043】

そして、図5の点線が得られた処理済み画像 $f_d(x, y)$ のプロファイル $f_d(X)$ である。濃度値2500以下の濃度分布幅は入力画像の20%に圧縮され、かつ高周波成分の振幅は入力画像の振幅を保持している。

【0044】

図1は本実施の形態による画像処理装置の構成を示すブロック図であり、前記(15)式を実現するものである。

図1において、入力画像 f_1 は階調変換手段 101 で図2の関数に基づいて階調変換され、変換画像 f_0 が得られる。この変換画像 f_0 は次に平滑手段 102 で平滑されて平滑化画像 f_{us0} が得られ、加算手段 103 に送られる。

【0045】

一方、上記入力画像 f_1 は他の平滑手段 104 で平滑されて平滑化画像 f_{us} となる。次に減算手段 105 において、入力画像 f_1 から上記平滑化画像 f_{us} が減算されることにより、高周波成分画像が得られる。この高周波成分画像は乗算手段 106 で定数が乗算された後、加算手段 103 において上記平滑化画像 f_{us0} と加算されることにより、処理済み画像 f_d が得られる。

【0046】

以上のように、第1の実施の形態によれば、入力画像の任意の階調領域の濃度分布幅を圧縮、伸張することができ、かつ階調変換後の高周波成分の振幅を自在に調整できる効果がある。

【0047】

次に、第2の実施の形態を説明する。

図6は、第2の実施の形態による画像処理方法で用いる階調変換関数 $F_1()$ を示す。ここで、 $f_1(x, y)$ を2次元の入力原画像の濃度値とし、入力画像の平滑化(低周波)画像を $f_{us}(x, y)$ とし、階調変換後の出力画像(変換画像)を $f_{us0}(x, y)$ とする。

【0048】

次に動作について説明する。

まず、入力画像 $f_1(x, y)$ の平滑画像 $f_{us}(x, y)$ を例えば式(16)～(20)で作成し、図6で示す階調変換関数 $F_1()$ で(25)式で示すように階調変換を行い、出力画像 $f_{us0}(x, y)$ を得る。

$$f_{us0}(x, y) = F_1(f_{us}(x, y)) \quad \text{—— (25)}$$

【0049】

処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ を(26)式に従い得る。ここで $F(x, y)$ は座標に依存した処理効果を表わす関数とする。

$$f_d(x, y) = f_{us0}(x, y) + F(x, y) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

$u_s(x, y)$ ——— (26)

【0050】

図7は本実施の形態による画像処理装置の構成を示すもので、上記(26)式を実現するものである。

図7において、入力画像 f_1 は平滑手段201で平滑されて平滑化画像 f_{us} となり、この平滑化画像 f_{us} は減算手段204に送られると共に、階調変換手段202で図6の関数に基づいて階調変換され、変換画像 f_{us0} となり、加算手段203に送られる。

【0051】

一方、入力画像 f_1 は減算手段204で上記平滑化画像 f_{us} が減算されて、高周波成分画像が得られる。この高周波成分画像は乗算手段205で定数が乗算された後、加算手段203で上記出力画像 f_{us0} と加算されることにより、処理済み画像 f_d が得られる。

【0052】

以上のように、第2の実施の形態によれば、階調変換後に平滑化画像を作成する時間を省略でき、第1の実施の形態に比べて計算時間が早くなる効果がある。また、入力画像の任意の階調領域の濃度分布幅を圧縮、伸張することができ、かつ階調変換後の高周波成分の振幅を自在に調整できる効果がある。

【0053】

次に、第3の実施の形態を説明する。

図8は、第3の実施の形態による画像処理方法で用いる階調変換関数 $F_1()$ を示す。ここで、 $f_1(x, y)$ を2次元の入力原画像の濃度値とし、 $f_0(x, y)$ を2次元の階調変換後の出力画像の濃度値とし、 x, y を2次元上の座標とする。また、横軸が入力画像の濃度値 $f_1(x, y)$ 、縦軸が出力画像の濃度値 $f_0(x, y)$ を示す。

【0054】

図9において、実線が入力画像のプロファイル $f_1(X)$ 、点線が入力画像の平滑化(低周波)画像 $f_{us}(x, y)$ のプロファイル $f_{us}(X)$ 、一点鎖線が処理画像のプロファイル $f_d(X)$ である。

【0055】

次に動作について説明する。

まず、入力画像 $f_1(x, y)$ を図8で示す階調変換関数 $F_1()$ で(27)式で示すように階調変換を行い、出力画像(変換画像) $f_0(x, y)$ を得る。

$$f_0(x, y) = F_1(f_1(x, y)) \quad \text{—— (27)}$$

【0056】

処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ を(28)、(29)式に従い得る。ここで $c(x, y)$ は階調変換率で(28)式で定義される。

$$c(x, y) = \partial F_1(f_1(x, y)) / \partial f_1(x, y) \quad \text{—— (28)}$$

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + (1 - c(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y)) \quad \text{—— (29)}$$

【0057】

ここで、 $f_{us}(x, y)$ を入力画像 $f_1(x, y)$ の平滑化(低周波)画像であり、例えば式(30)で示される。

【0058】

【数1】

$$f_{us}(x, y) = \frac{\int_{-d}^d \int_{-d}^d f_0(x+x_1, y+y_1) dx_1 dy_1}{\int_{-d}^d \int_{-d}^d dx_1 dy_1} \quad \text{..... (30)}$$

【0059】

尚、上記平滑化にはどのような手法を用いてもよく、例えば *Erosion*、*Dilation*、*Opening*、*Closing* 等のモルフォロジカルフィルタを用いてもよい。

【0060】

図10は本実施の形態による画像処理装置の構成示すもので、上記(29)式

を実現するものである。

図 10 において、入力画像 f_1 は階調変換手段 301 で図 8 の階調変換曲線に基づいて階調変換されて変換画像 f_0 が得られ、加算手段 302 に送られる。一方、上記入力画像 f_1 は平滑手段 303 で平滑されて平滑化画像 f_{us} となる。減算手段 304 は入力画像 f_1 から平滑化画像 f_{us} を減算して高周波画像が得られる。この高周波画像は加算手段 302 で上記変換画像 f_0 と加算されることにより、処理済み画像 f_d が得られる。

【0061】

以上のように、第 3 の実施の形態によれば、入力画像の任意の階調領域の濃度分布幅を圧縮、伸張することができ、かつ階調変換後の高周波成分の振幅を入力画像の高周波成分の振幅と同一にできる効果がある。また、平滑化処理を一回しか行う必要がなく、計算時間が短縮できる効果がある。さらに、平均濃度を用いる平滑化方法はモルフォロジカルフィルタ処理を計算時間が短縮できる効果がある。

【0062】

次に、第 4 の実施の形態を説明する。

本実施の形態は、処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第 1 の画像（階調変換後の出力画像） $f_0(x, y)$ の平滑化画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ 、第 2 の画像（入力画像）の画素値 $f_1(x, y)$ 、第 2 の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

【0063】

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + F(f_1(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y)) \quad \text{—— (31)}$$

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + F(f_1(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y)) \quad \text{—— (32)}$$

なる式 (21) もしくは式 (32) なる演算式で表わすものである。

【0064】

以上のように、第 4 の実施の形態によれば、処理効果を制御する関数 $F()$ を

第2の画像の濃度値 $f_1(x, y)$ に依存するようにするため、高周波成分の振幅を第2の画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。

【0065】

次に第5の実施の形態を説明する。

本実施の形態は、処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$ の平滑化画像の画素値 $f_{u0}(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ 、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

【0066】

$$f_d(x, y) = f_{u0}(x, y) + F(f_0(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y)) \quad \text{—— (33)}$$

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + F(f_0(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y)) \quad \text{—— (34)}$$

なる式 (33) もしくは式 (34) なる演算式で表わすものである。

【0067】

以上のように、第5の実施の形態によれば、処理効果を制御する関数 $F()$ を第1の画像の濃度値 $f_0(x, y)$ に依存するようにするため、変換画像の高周波成分の振幅を第1の画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。

【0068】

次に、第6実施の形態を説明する。

本実施の形態は、処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$ の平滑化画像の画素値 $f_{u0}(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ 、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

【0069】

$$f_d(x, y) = f_{u0}(x, y) + F(f_{us}(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y)) \quad \text{—— (35)}$$

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + F(f_{us}(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y)) \quad \text{—— (36)}$$

なる式 (35) もしくは式 (36) なる演算式で表わすものである。

【0070】

以上のように、第6の実施の形態によれば、処理効果を制御する関数 () を第2の画像の平滑化 (低周波) 画像の濃度値 $f_{us}(x, y)$ に依存するようにするため、変換画像の高周波成分の振幅を第2の画像の平滑化 (低周波) 画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。さらに、平滑化した画像の濃度に依存して高周波成分の振幅を調整するため、第2の画像の高周波成分の振幅に影響を受けない効果がある。

【0071】

次に、第7の実施の形態を説明する。

本実施の形態は、処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像 $f_0(x, y)$ の平滑化画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ 、第2の画像の画素値 $f_1(x, y)$ 、第2の画像の平滑化 (低周波) 画像の画素 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

【0072】

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + F(f_{uso}(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y)) \quad \text{—— (37)}$$

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + F(f_{uso}(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y)) \quad \text{—— (38)}$$

なる式 (37) もしくは式 (38) なる演算式で表わすものである。

【0073】

以上のように、第7の実施の形態によれば、処理効果を制御する関数 $F()$ を第1の画像の平滑化 (低周波) 画像の濃度値 $f_{uso}(x, y)$ に依存するようにするため、変換画像の高周波成分の振幅を第1の画像の平滑化 (低周波) 画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。さらに、平滑化した画像の濃度に依存して高周波成分の振幅を調整するため、第1の画像の高周波成分の振幅に影響を受けない効果がある。

【0074】

次に、第8の実施の形態を説明する。本実施の形態では、第1の実施の形態で

用いた図2、図4、図5を用いる。

図2においては、第1の実施の形態と同様に、 $f_1(x, y)$ を2次元の入力原画像の濃度値、 $f_0(x, y)$ を2次元の階調変換後の出力画像の濃度値とし、 x, y は2次元上の座標を示す。また、横軸が入力画像の濃度値 $f_1(x, y)$ 、縦軸が出力画像の濃度値 $f_0(x, y)$ を示す。入力濃度値2500以下の傾きが0.2、入力濃度値2500より上の傾きが1となっている。

【0075】

また、図4の実線が階調変換後の出力画像のプロファイル $f_0(X)$ 、点線が出力画像の平滑化（低周波）画像のプロファイル $f_{uso}(X)$ を示す。

また、図5の実線が入力画像のプロファイル $f_1(X)$ 、点線が本実施の形態による画像処理方法の結果である処理済み画像のプロファイル $f_d(X)$ を示す。

【0076】

次に動作について説明する。

まず、入力画像 $f_1(x, y)$ を図2で示す階調変換関数 $F_1()$ で前記(4)式で示すように階調変換を行い、出力画像 $f_0(x, y)$ を得る。

次に処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ を(39)式に従い得る。ここで $c(x, y)$ は階調変換曲線の傾きを表わす関数で、前記(28)式で示される。

【0077】

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + a \times (1 / c(x, y)) \times (f_0(x, y) - f_{uso}(x, y)) \quad \text{—— (39)}$$

ここで、 a は定数、 $f_{uso}(x, y)$ は出力画像 $f_0(x, y)$ の平滑化（低周波）画像の画素値であり、例えば前記(16)～(20)式で示される。

【0078】

本実施の形態で用いた階調変換曲線 $F_1()$ （図2）では、出力画像（変換画像） $f_0(x, y)$ の濃度値2500以下の高周波成分の振幅は20%に圧縮され、濃度値2500より高ければ、高周波成分の振幅は入力画像の振幅が保存される（図4実線）。

尚、第1の実施の形態と同様に、平滑化画像は例えば前記(30)式による平

均濃度を用いてもよく、上記モルフォロジカルフィルタを用いてもよい。

【0079】

そして得られた処理画像 $f_d(x, y)$ のプロファイルが図5の点線である。濃度値2500以下の濃度分布幅は入力画像の20%に圧縮され、かつ高周波成分の振幅は入力画像の振幅を保持している。

【0080】

図11は本実施の形態による画像処理装置の構成を示すもので、上記式(39)式を実現するものである。

図11において、入力画像 f_1 は階調変換手段801で階調変換されて変換画像 f_0 が得られ、減算手段805に送られると共に、平滑手段802で平滑されて平滑化画像 f_{us0} が得られる。この平滑化画像 f_{us0} は加算手段803に送られる。

【0081】

一方、減算手段805は上記変換画像 f_0 から平滑化画像 f_{us0} を減算することにより、高周波成分が得られる。この高周波成分は乗算手段806で定数が乗算された後、加算手段803で上記平滑化画像 f_{us0} と加算されることにより、処理済み画像 f_d が得られる。

【0082】

以上のように、第8の実施の形態によれば、入力画像の任意の階調領域の濃度分布幅を圧縮、伸張することができ、かつ階調変換後の高周波成分の振幅を階調変換前の画像の高周波成分の振幅に保持できる効果がある。さらに、オーバーシュートやアンダーシュートが起きない効果がある。また、平滑化画像に濃度平均を用いた場合は計算時間を短縮できる効果がある。

【0083】

図12は第9の実施の形態による画像処理装置の構成を示す。

図12において、900は原画像としての入力画像を示し、901は原画像900の階調を変換する階調変換手段、902は階調変換した変換画像、903は階調変換手段901で用いる階調変換曲線の微係数を記憶する微係数記憶手段、904は上記変換画像902の平滑化画像（低周波画像）905を作成する平滑

化画像作成手段、906は変換画像902と平滑化画像905との差分を計算する高周波成分作成手段、907は高周波成分作成手段106で作成された高周波成分を、微係数記憶手段903に記憶した階調変換曲線の微係数に基づいて変換画像902に足し込む高周波成分足し込み手段である。

【0084】

図13は本実施の形態の処理の流れを示すフローチャートである。図14、図15は、階調変換手段901で用いる階調変換曲線を示し、横軸が入力画像の画素値、縦軸が出力画像の画素値を示す。図14はS字型の階調変換曲線、図15は入力濃度値B以下の傾きがA/B、入力濃度値Bより上の傾きが1となっている。

【0085】

次に動作について図13の処理の流れに従い説明する。

階調変換手段901は原画像900を例えば図14又は図15に示す階調変換曲線に基づき(40)式で示すように階調を変換する(ステップS201)。ここで、 $f_1(x, y)$ を2次元の入力原画像900の濃度値とし、 $f_0(x, y)$ を2次元の階調変換後の変換画像902の濃度値とし、 $F_1()$ を階調変換曲線とする。 x, y は2次元上の座標を示す。

$$f_0(x, y) = F_1(f_1(x, y)) \quad (40)$$

【0086】

そして微係数記憶手段903は(41)式で示される、階調変換曲線の微係数を計算し、濃度値をテーブル $c(x)$ として記憶する(S202)。

$$c(F_1(x)) = 1 - [\partial F_1(x) / \partial x] \quad (41)$$

【0087】

次に、平滑化画像作成手段904では、前記(30)式により画像902から平滑化画像905を計算する(S203)。

次に、高周波成分作成手段906は(42)式で示すように、階調変換後画像902と平滑化画像905から高周波画像を計算する(S204)。ここで $f_h(x, y)$ を高周波画像の画素値とする。

$$f_h(x, y) = f_0(x, y) - f_{us}(x, y) \quad (4)$$

【0088】

そして高周波成分足し込み手段907は、(43)式で示すように階調変換後の変換画像902に、高周波成分作成手段906で計算された高周波成分を、微係数記憶手段103に記憶された微係数に基づき足し込んで、処理後画像 $f_d(x, y)$ を得る(S205)。

$$f_d(x, y) = f_0(x, y) + a \times c(f_0(x, y)) \times f_h(x, y) \quad (43)$$

ここで、 a は定数である。

【0089】

尚、平滑化画像905を前記(16)～(20)式により、モルフォジ演算を用いて計算してもよい。

ここで得られた $f_{us}(x, y)$ のプロファイルはエッジ構造を保存しているものであり、従来ダイナミックレンジ圧縮の欠点であるオーバーシュート、アンダーシュートが起きないものである。

【0090】

本実施の形態によれば、入力画像の任意の階調領域の濃度分布幅を圧縮、伸張することができ、かつ階調変換後の高周波成分の振幅を階調変換前の画像の高周波成分の振幅に保持できる効果がある。また、オーバーシュートやアンダーシュートが起きない効果がある。さらに、平滑化画像に濃度平均を用いた場合は計算時間を短縮できる効果がある。

【0091】

次に本発明による記憶媒体について説明する。

図1、図7、図10、図11、図12等を含む各実施の形態によるシステムは、ハード的に構成してもよく、また、CPUやメモリ等からなるコンピュータシステムに構成してもよい。コンピュータシステムに構成する場合、上記メモリは本発明による記憶媒体を構成する。この記憶媒体には、図13を含む前述した各実施の形態の処理を実行するためのプログラムが記憶される。

【0092】

また、この記憶媒体としては、ROM、RAM等の半導体メモリ、光ディスク

、光磁気ディスク、磁気記憶媒体等を用いてよく、これらをCD-ROM、FD、磁気カード、磁気テープ、不揮発性メモリカード等に構成して用いてよい。

【0093】

従って、この記憶媒体を上記各図を含む各実施の形態によるシステム以外の他のシステムあるいは装置で用い、そのシステムあるいはコンピュータがこの記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し、実行することによっても、前述した各実施の形態と同等の機能を実現できると共に、同等の効果を得ることができ、本発明の目的を達成することができる。

【0094】

また、コンピュータ上で稼働しているOS等が処理の一部又は全部を行う場合、あるいは記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された拡張機能ボードやコンピュータに接続された拡張機能ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づいて、上記拡張機能ボードや拡張機能ユニットに備わるCPU等が処理の一部又は全部を行う場合にも、各実施の形態と同等の機能を実現できると共に、同等の効果を得ることができ、本発明の目的を達成することができる。

【0095】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1～4記載の画像処理装置によれば、処理済み画像の高周波成分を自在に調整することができる効果がある。

【0096】

また、請求項5、6記載の画像処理装置によれば、入力画像の任意の階調領域の濃度分布を圧縮、伸長することができ、かつ階調変換後の高周波成分の振幅を保持することができる効果がある。

【0097】

また、本発明による画像処理方法において、請求項9記載の発明によれば、第1の画像の平滑化画像に第2の画像の高周波成分を任意の割合で付与することができる。従って、低周波画像のコントラストは第1の画像のコントラストを保持し、第2の画像の高周波成分を自在に付与することができる効果がある。

【0098】

請求項10記載の発明によれば、第1の画像の平滑化画像に第2の画像の高周波成分を画像の位置情報に応じて任意の割合で付与することができる。従って、高周波成分の付与の強弱を画像位置に応じて調整できる効果がある。

【0099】

請求項11記載の発明によれば、処理効果を制御する関数 $F()$ を第2の画像の濃度値 $f_1(x, y)$ に依存するようにするため、高周波成分の振幅を第2の画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。

【0100】

請求項12記載の発明によれば、処理効果を制御する関数 $F()$ を第1の画像の濃度値 $f_0(x, y)$ に依存するようにするため、変換画像の高周波成分の振幅を第1の画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。

【0101】

請求項13記載の発明によれば、処理効果を制御する関数 $F()$ を第2の画像の平滑化（低周波）画像の濃度値 $f_{us}(x, y)$ に依存するようにするため、変換画像の高周波成分の振幅を第2の画像の平滑化（低周波）画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。さらに、平滑化した画像の濃度に依存して高周波成分の振幅を調整するため、第2の画像の高周波成分の振幅に影響を受けない効果がある。

【0102】

請求項14記載の発明によれば、処理効果を制御する関数 $F()$ を第1の画像の平滑化（低周波）画像の濃度値 $f_{uso}(x, y)$ に依存するようにするため、変換画像の高周波成分の振幅を第1の画像の平滑化（低周波）画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。さらに、平滑化した画像の濃度に依存して高周波成分の振幅を調整するため、第1の画像の高周波成分の振幅に影響を受けない効果がある。

【0103】

請求項15記載の発明によれば、第1の画像の平滑化画像に第2の画像の高周波成分を任意の割合で付与することができる。従って、低周波画像のコントラス

トは第1の画像のコントラストを保持し、第2画像の高周波成分を自在に付与することができる効果がある。また、平滑化画像を一回しか作成しないため、計算時間が短縮できる効果がある。

【0104】

請求項16記載の発明によれば、第1の画像の平滑化画像に第2の画像の高周波成分を画像の位置情報に応じて任意の割合で付与することができる。従って、高周波成分の付与の強弱を画像位置に応じて調整できる効果がある。

【0105】

請求項17記載の発明によれば、処理効果を制御する関数 f_0 を第2の画像の濃度値 $f_1(x, y)$ に依存するようにするため、高周波成分の振幅を第2の画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。

【0106】

請求項18記載の発明によれば、処理効果を制御する関数 $F()$ を第1の画像の濃度値 $f_0(x, y)$ に依存するようにするため、変換画像の高周波成分の振幅を第1の画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。

【0107】

請求項19記載の発明によれば、処理効果を制御する関数 $F()$ を第2の画像の平滑化（低周波）画像の濃度値 $f_{us}(x, y)$ に依存するようにするため、変換画像の高周波成分の振幅を第2の画像の平滑化（低周波）画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。さらに、平滑化した画像の濃度に依存して高周波成分の振幅を調整するため、第2の画像の高周波成分の振幅に影響を受けない効果がある。

【0108】

請求項20記載の発明によれば、処理効果を制御する関数 $F()$ を第1の画像の平滑化（低周波）画像の濃度値 $f_{uso}(x, y)$ に依存するようにするため、変換画像の高周波成分の振幅を第1の画像の平滑化（低周波）画像の濃度値に応じて変更できる効果がある。さらに、平滑化した画像の濃度に依存して高周波成分の振幅を調整するため、第1の画像の高周波成分の振幅に影響を受けない効果がある。

【0109】

請求項 21, 22 記載の発明によれば、第 2 の画像の濃度分布の幅と高周波成分を自在に変更できる効果がある。

【0110】

請求項 23 記載の発明によれば、第 2 の画像の濃度分布の幅と高周波成分を自在に変更できる効果がある。さらに、平滑化画像を一回しか作成しなくてすむので計算時間を短縮できる効果がある。

【0111】

請求項 24 記載の発明によれば、階調変換率に応じて高周波成分の足し込み量を調整するため、濃度分布の幅を任意に変更しても、高周波成分の振幅を第二の画像の高周波成分の振幅に保つことが可能である。そのため、高周波成分の振幅を一定に保持した状態で濃度分布の幅を任意に変更できる効果がある。

【0112】

請求項 25 記載の発明によれば、入力画像の任意の階調領域の濃度分布幅を圧縮、伸張することができ、かつ階調変換後の高周波成分の振幅を階調変換前の画像の高周波成分の振幅に保持できる効果がある。

【0113】

請求項 7, 26 記載の発明によれば、平滑化画像をモルフォロジカルフィルタで作成するため、元画像のエッジ構造を保存することができ、アンダーシュートやオーバーシュートがおきない効果がある。

【0114】

請求項 8, 27 記載の発明によれば、平滑化画像を平均濃度値を用いて作成するため、計算時間を短縮できる効果がある。

【0115】

さらに、請求項 29～34 記載の発明による記憶媒体によれば、上記の各請求項で述べた効果と対応する効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態による画像処理装置のブロック図である。

【図 2】

第 1、第 8 の実施の形態による階調変換関数 $F_1()$ を示す特性図である。

【図 3】

第 1 の実施の形態による入力画像とモルフォロジカルフィルタによる平滑化画像のプロファイルを示す特性図である。

【図 4】

第 1、第 8 の実施の形態による階調変換画像とモルフォロジカルフィルタによる平滑化画像のプロファイルを示す特性図である。

【図 5】

第 1、第 8 の実施の形態による入力画像と処理画像のプロファイルを示す特性図である。

【図 6】

第 2 の実施の形態による階調変換関数 $F_1()$ を示す特性図である。

【図 7】

第 2 の実施の形態による画像処理装置のブロック図である。

【図 8】

第 3 の実施の形態による階調変換関数 $F_1()$ を示す特性図である。

【図 9】

第 3 の実施の形態による入力画像と入力画像の平滑化画像と処理画像のプロファイルを示す特性図である。

【図 10】

第 3 の実施の形態による画像処理装置のブロック図である。

【図 11】

第 8 の実施の形態による画像処理装置のブロック図である。

【図 12】

第 9 の実施の形態による画像処理装置のブロック図である。

【図 13】

第 9 の実施の形態による処理を示すフローチャートである。

【図 14】

第9の実施の形態による階調変換関数 $F1()$ を示す特性図である。

【図15】

第9の実施の形態による他の階調変換関数 $F1()$ を示す特性図である。

【図16】

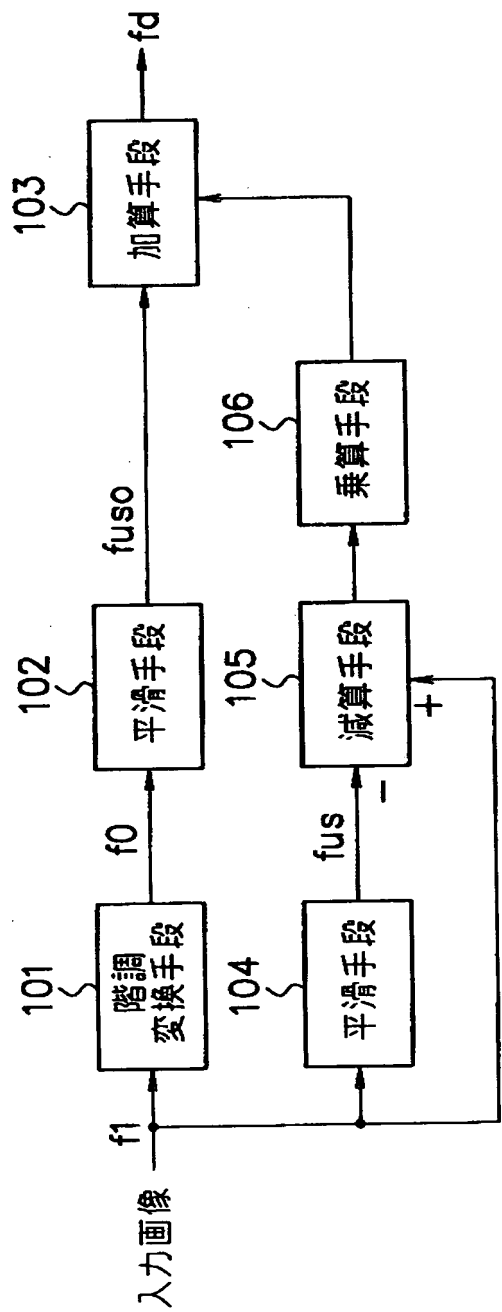
従来のダイナミックレンジ圧縮に用いる単調減少関数を示す特性図である。

【符号の説明】

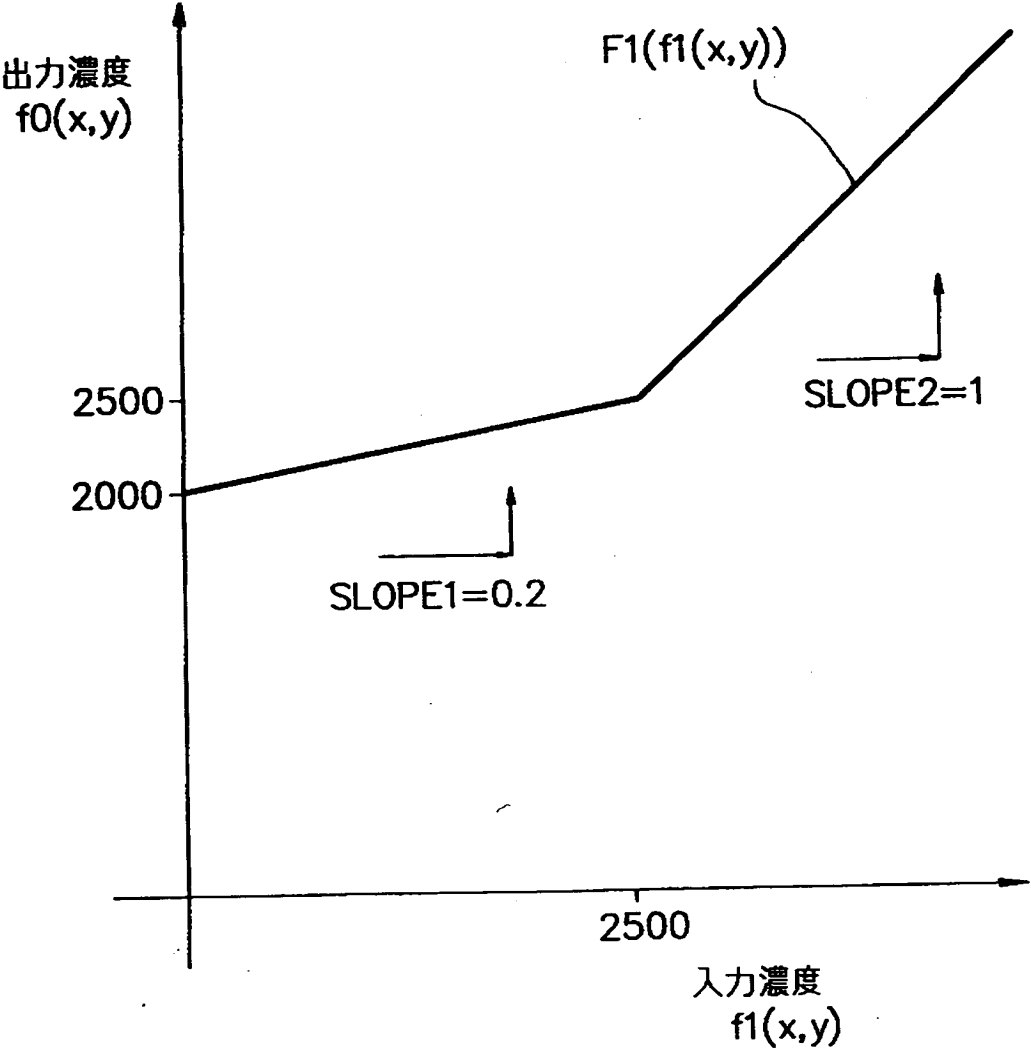
101、202、301、801、901 階調変換手段
102、104、201、303、802、904 平滑手段
103、203、302、803 加算手段
105、204、304、805 減算手段
106、205、305、806 乗算手段
900、f1 入力画像
902、f0、fus0 出力画像（変換画像）
905、fus、fuso 平滑化画像
906 高周波成分作成手段
907 高周波成分足し込み手段
fd 処理済み画像

【書類名】 図面

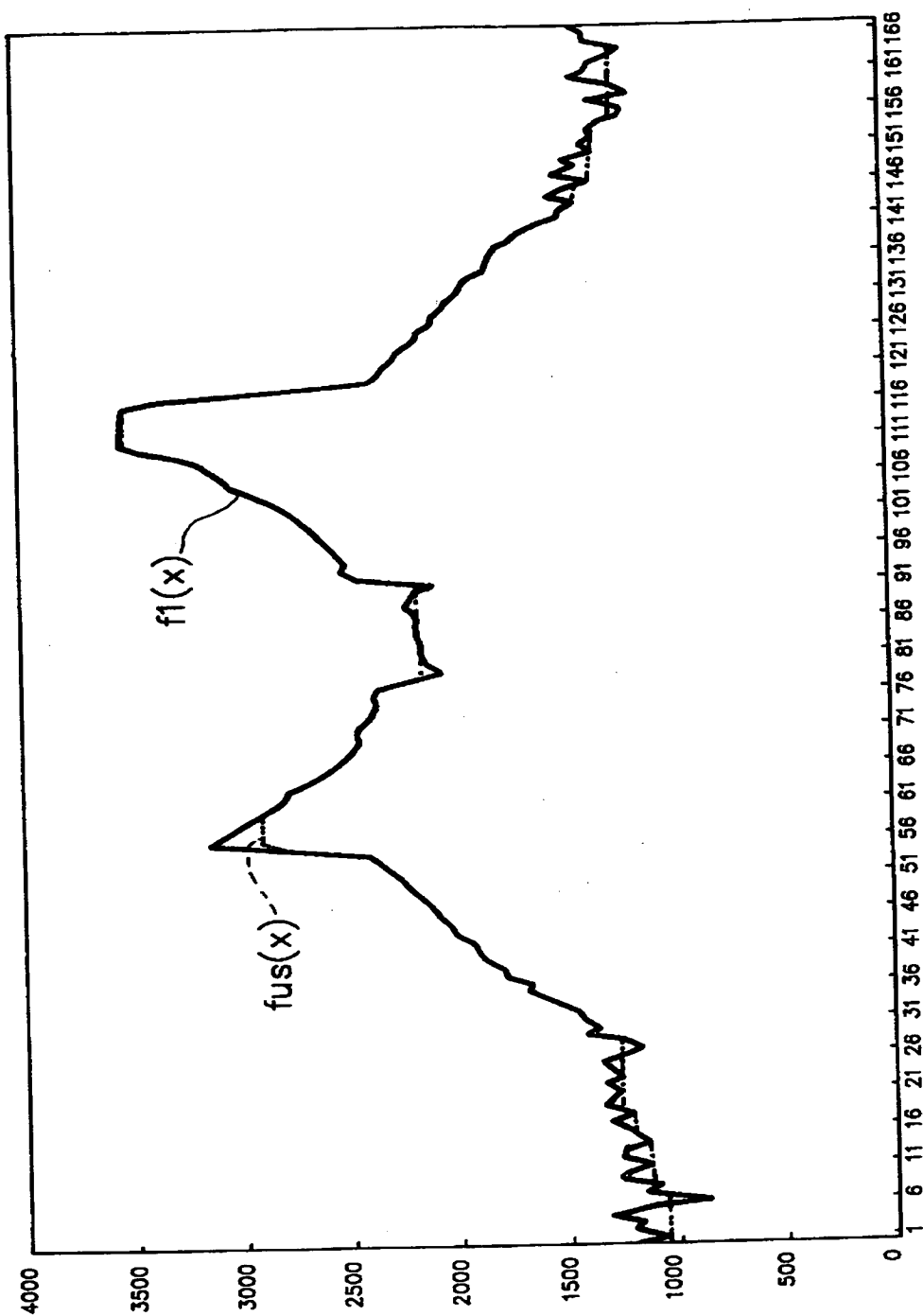
【図 1】



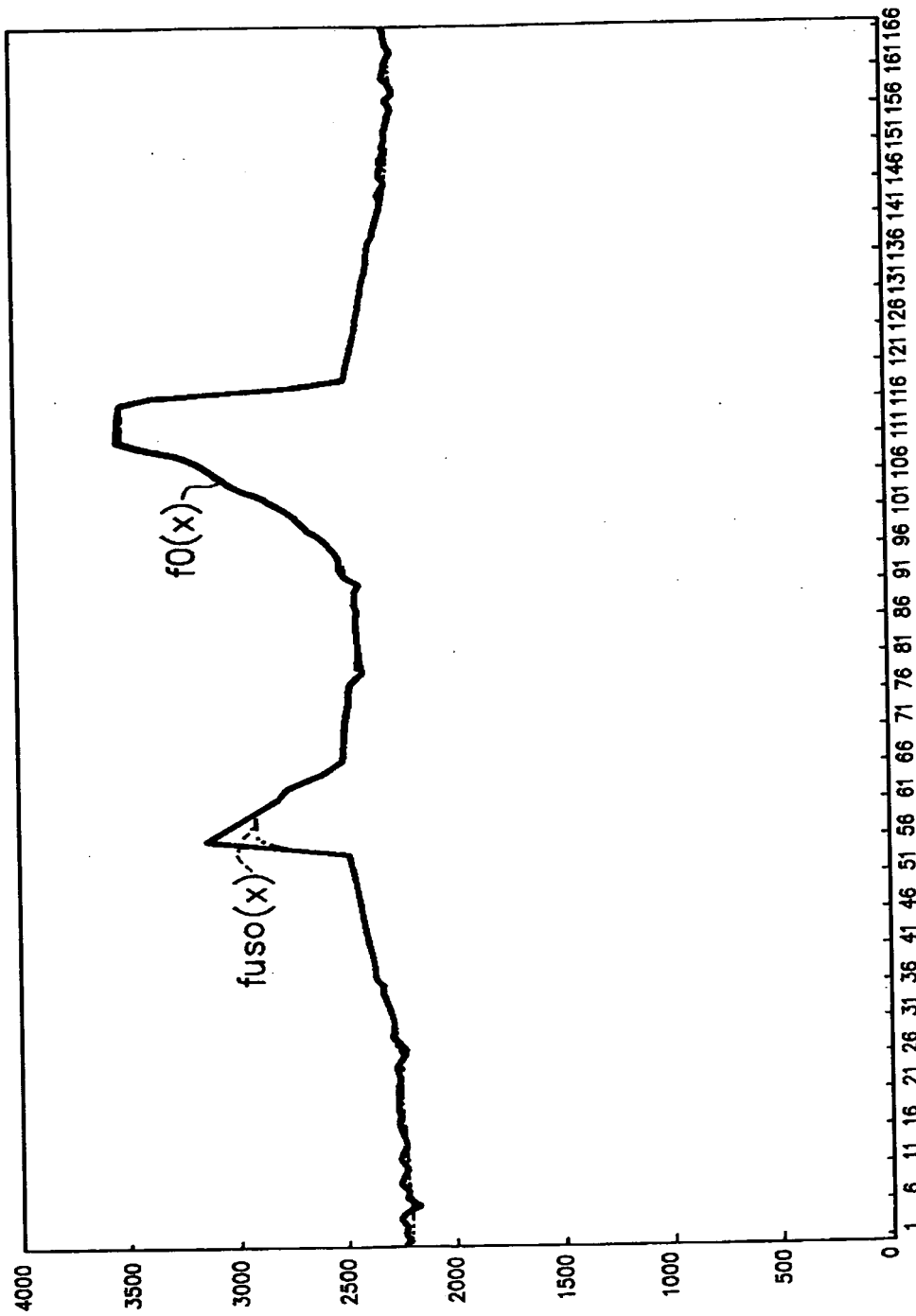
【図 2】



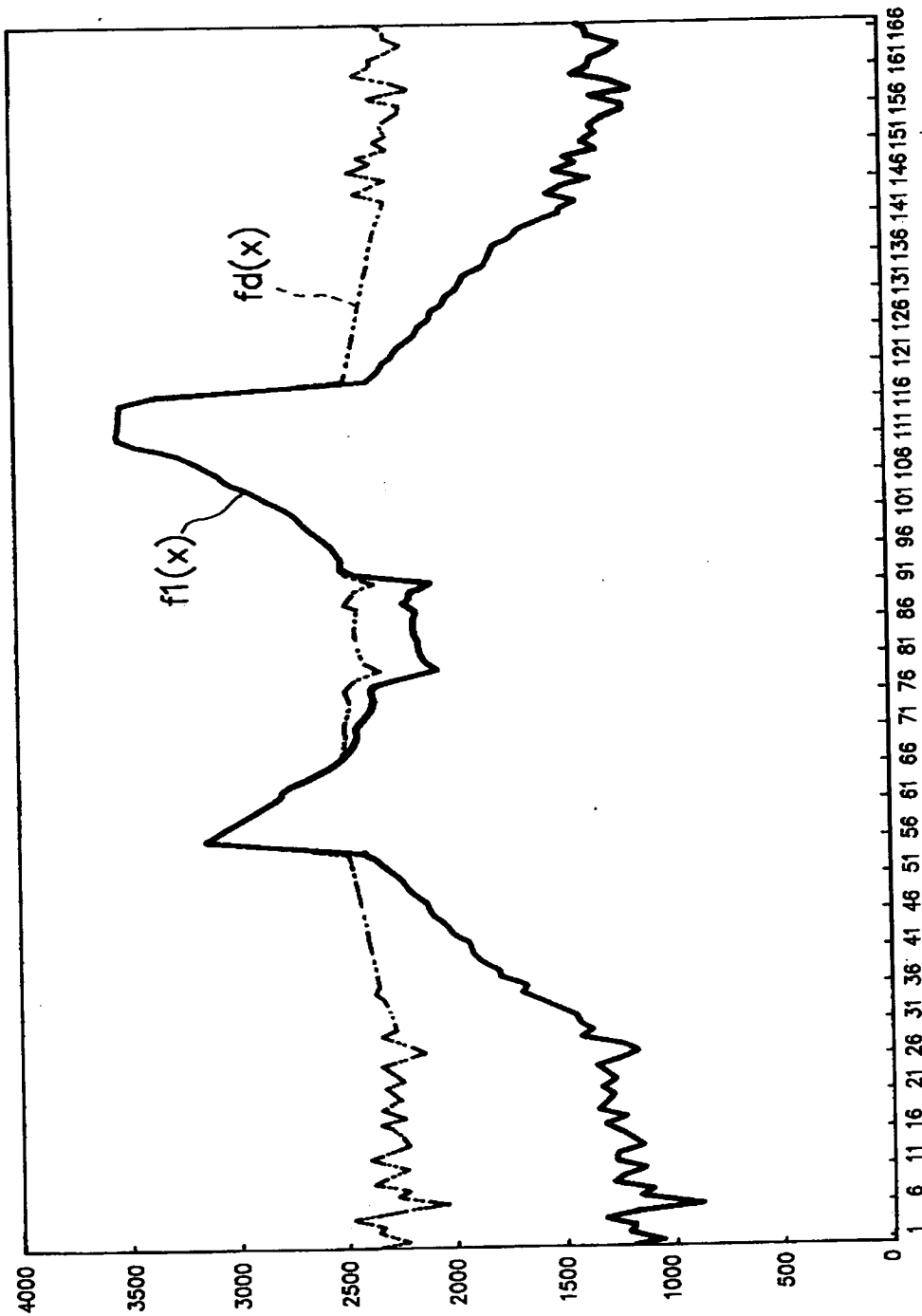
【図 3】



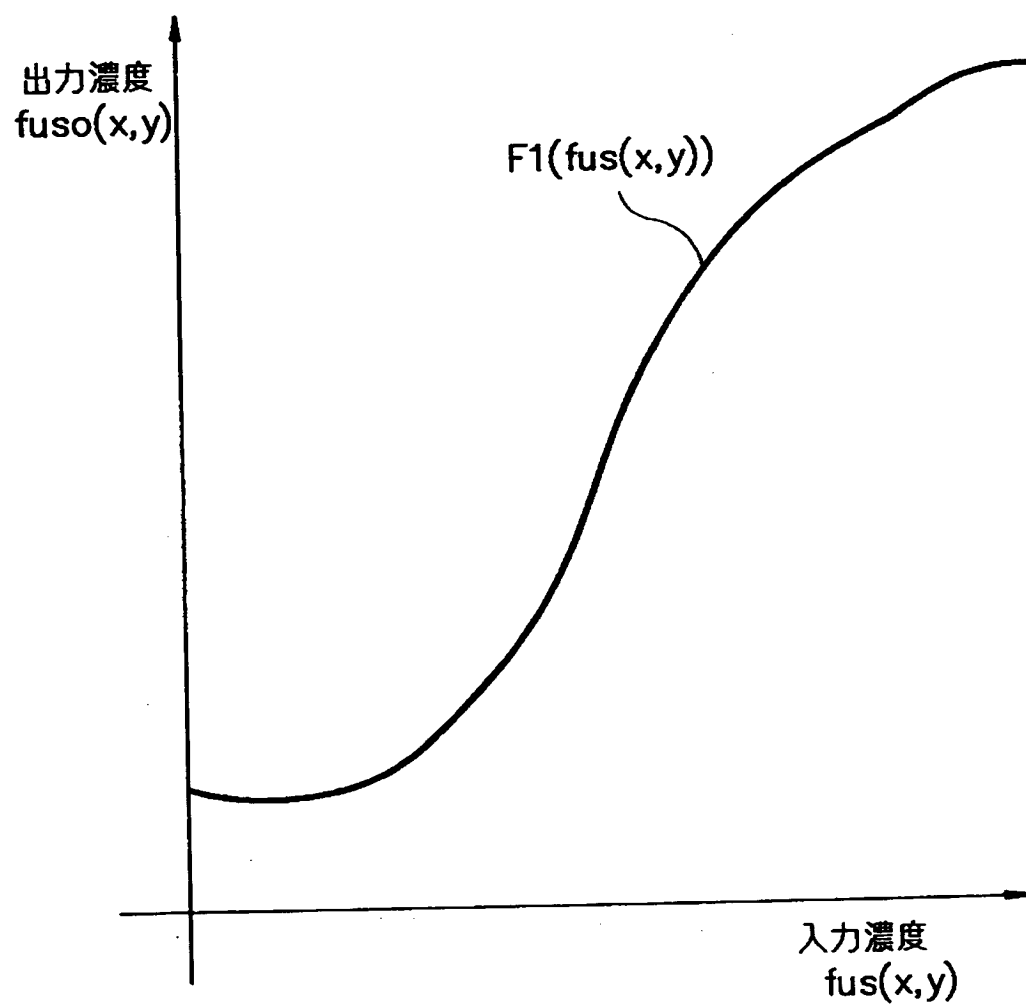
【図4】



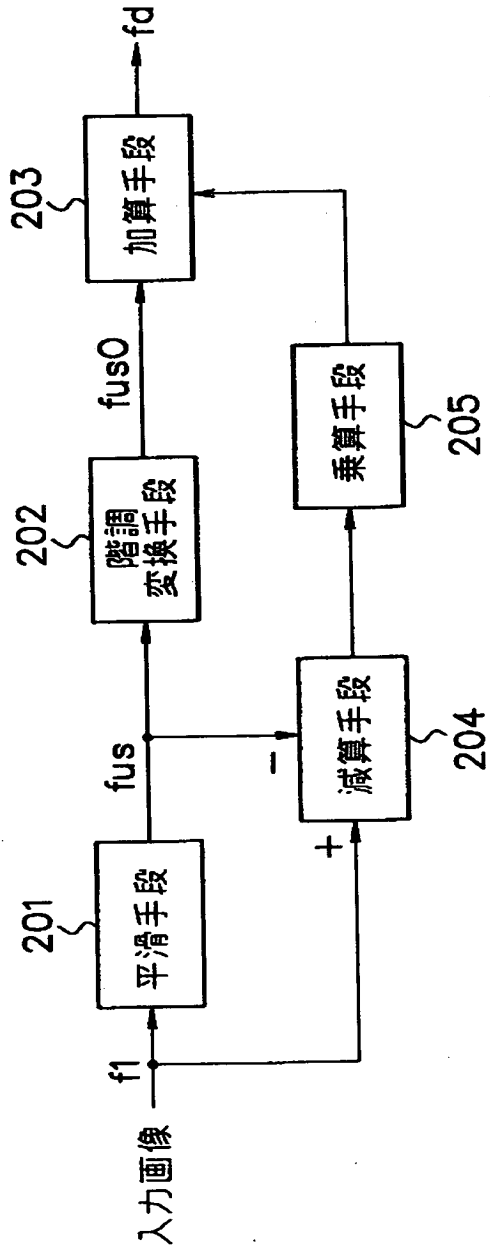
【図5】



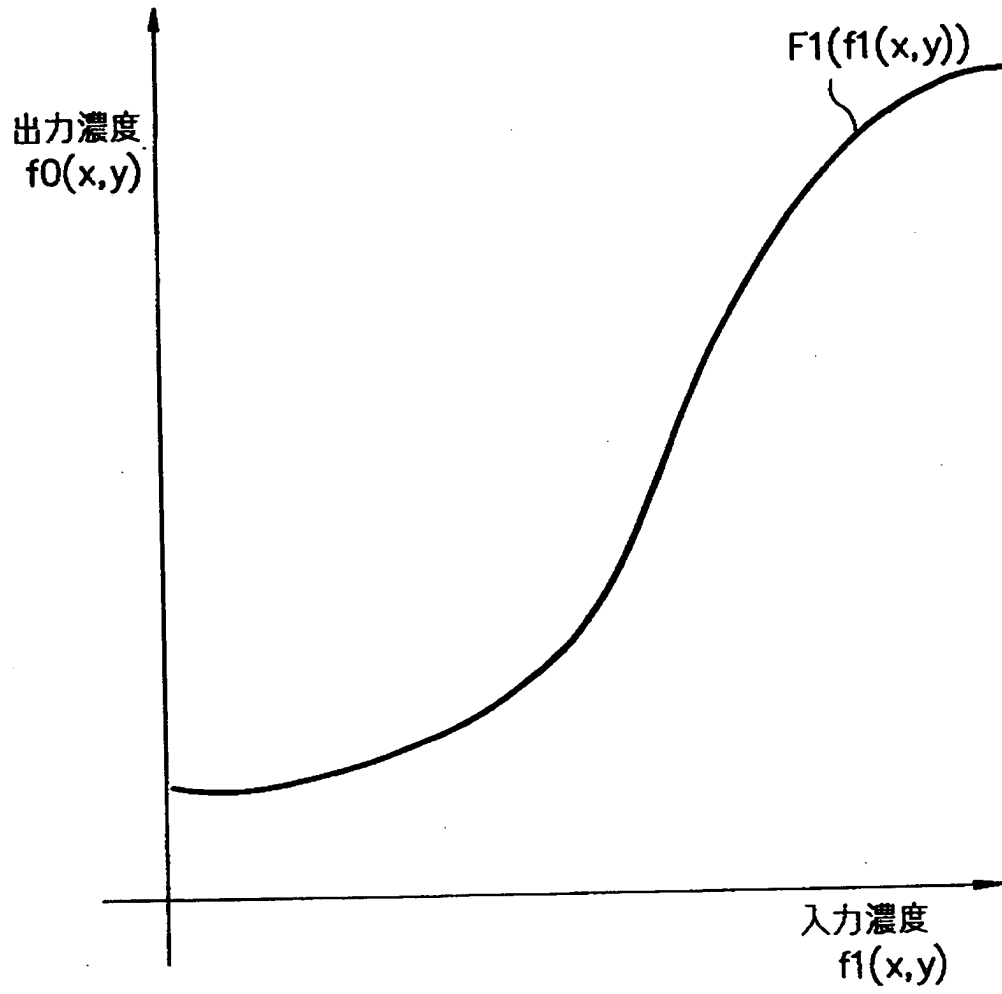
【図 6】



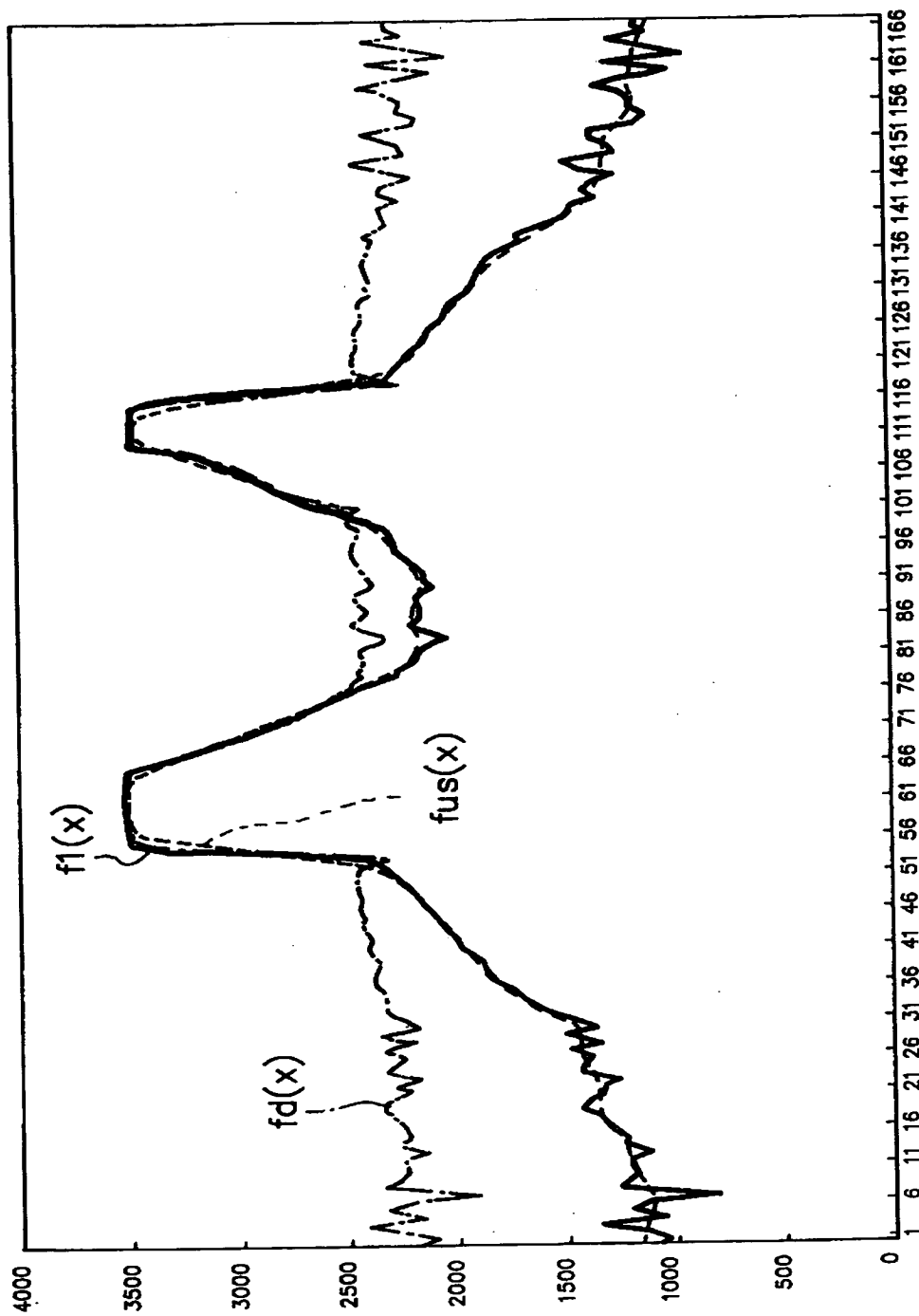
【図 7】



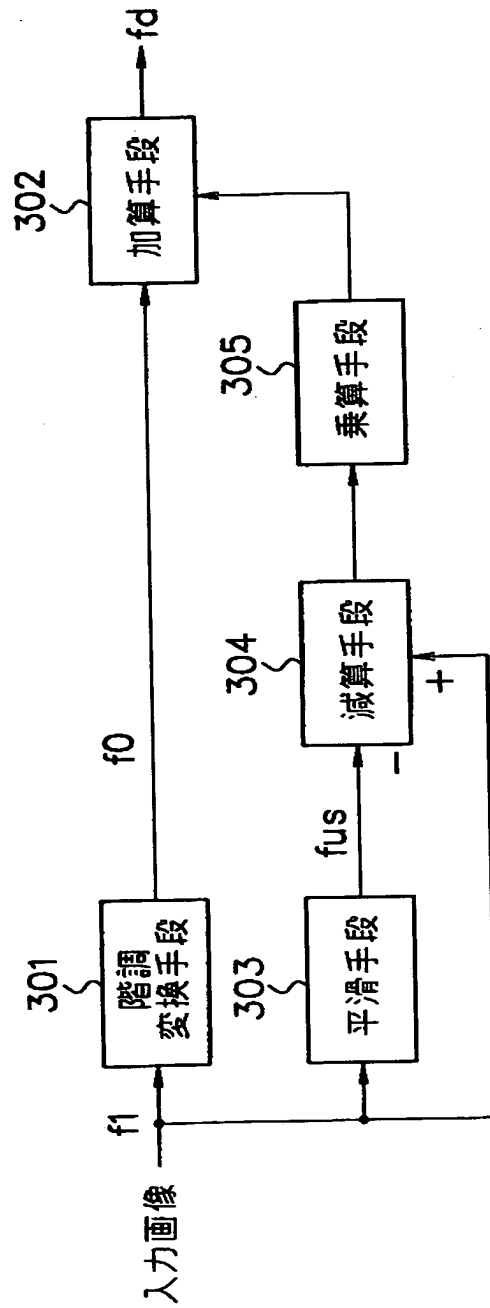
【図 8】



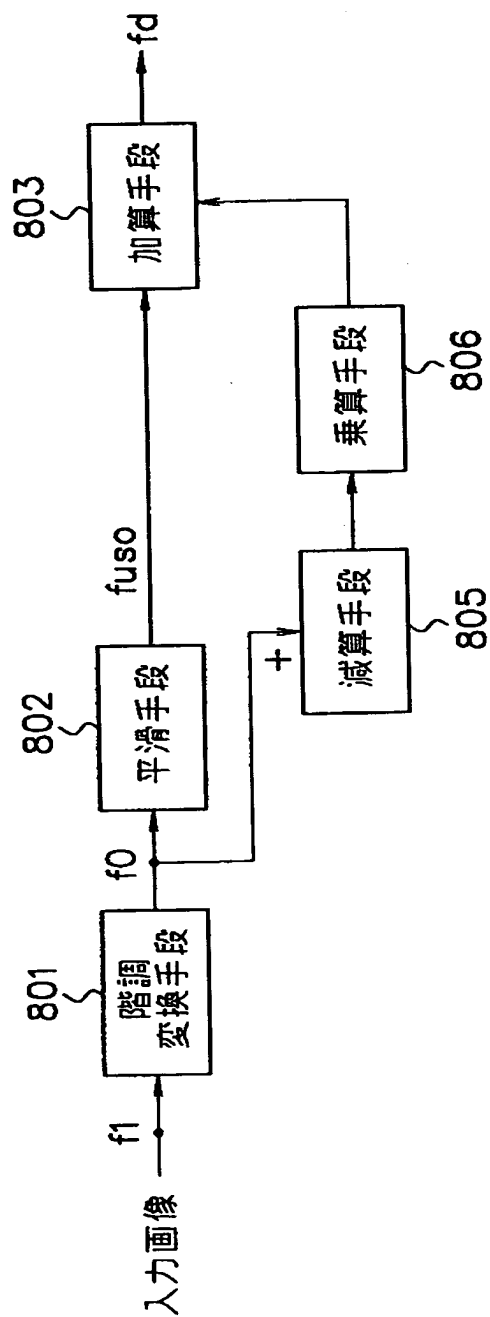
【図9】



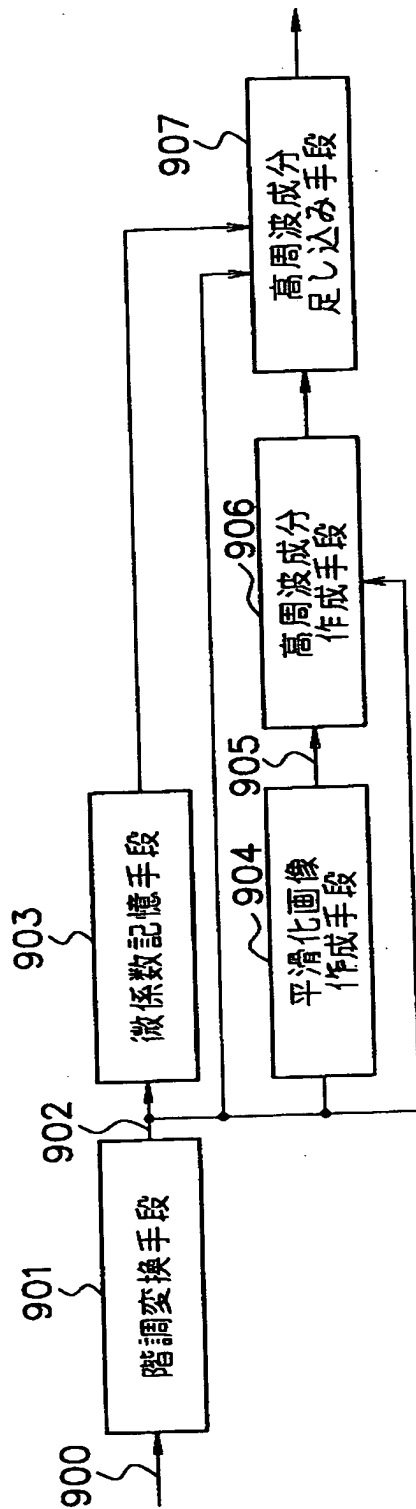
【図 10】



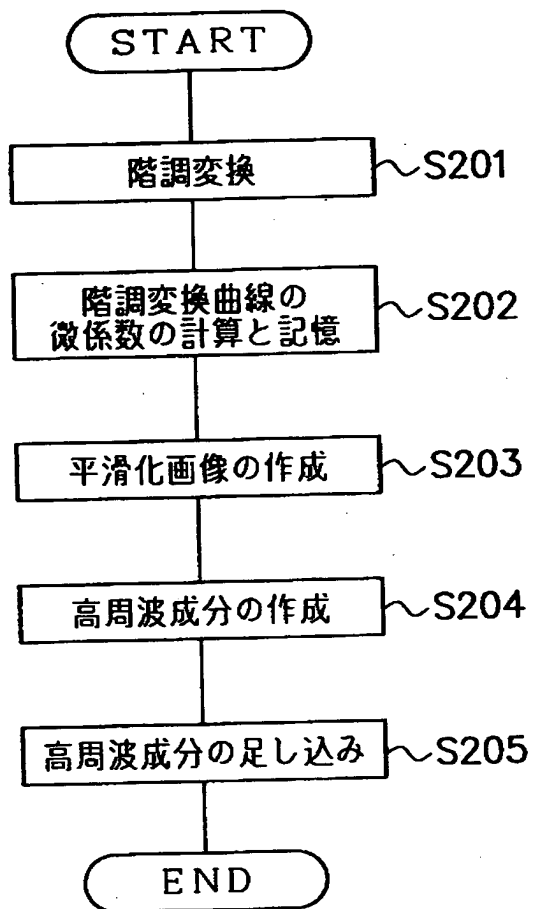
【図 11】



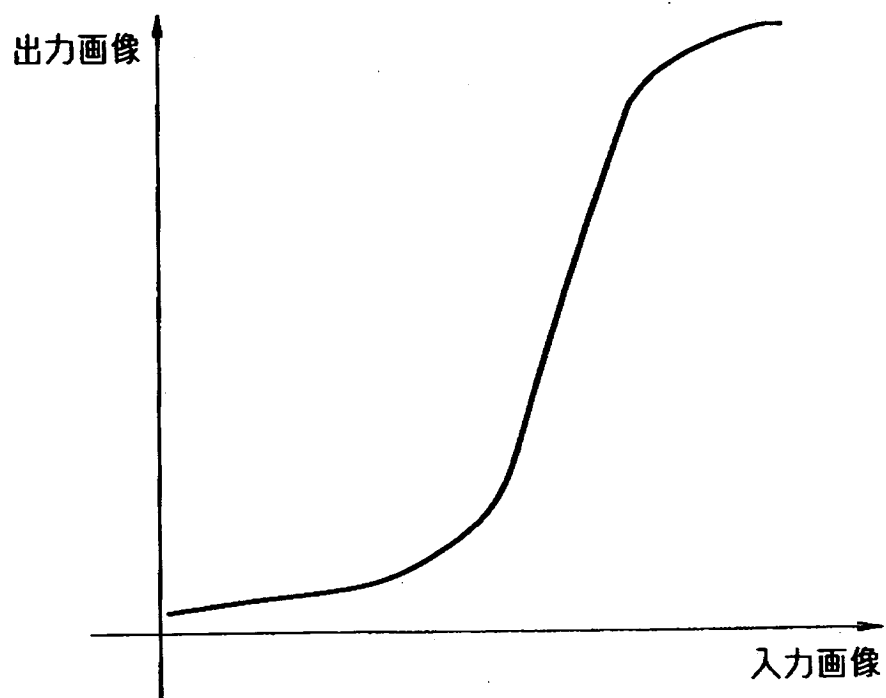
【図 12】



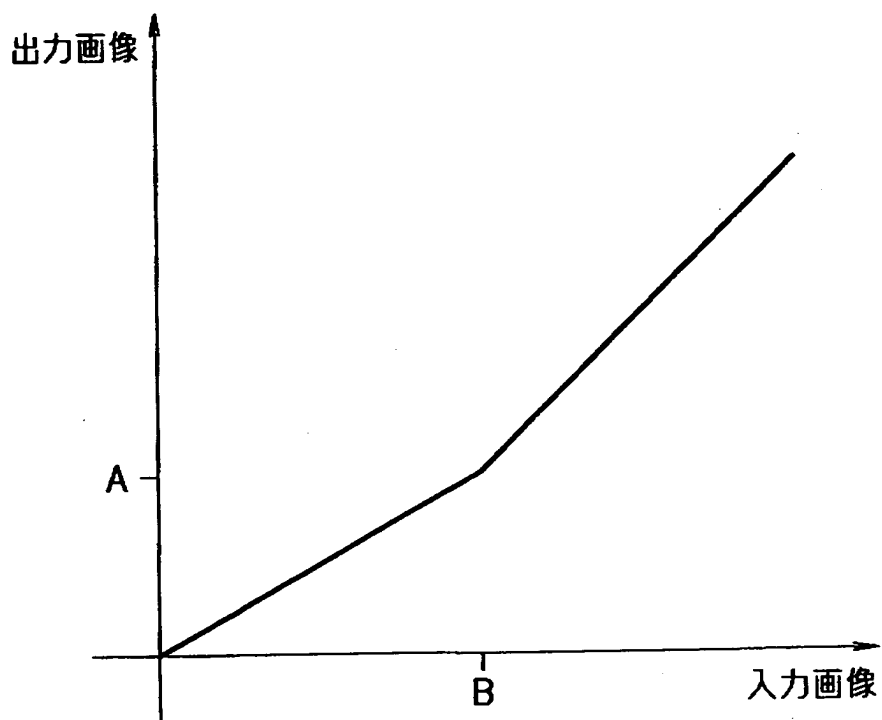
【図 13】



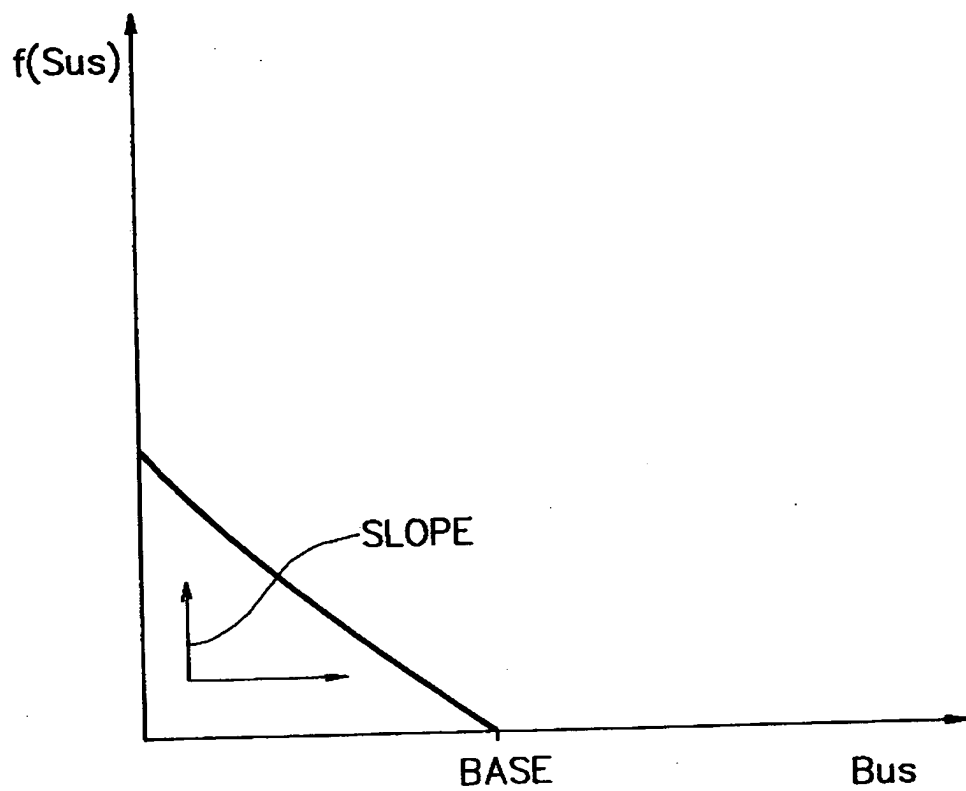
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 入力画像の高周波成分の振幅を保持したまま、画像の濃度分布の幅を自在に調整できるようにする。

【解決手段】 処理済み画像の画素値 $f_d(x, y)$ 、第1の画像（入力画像を階調変換した変換画像） $f_0(x, y)$ の平滑化画像の画素値 $f_{uso}(x, y)$ 、第2の画像（入力画像）の画素値 $f_1(x, y)$ 、第2の画像の平滑化（低周波）画像の画素値 $f_{us}(x, y)$ 、処理効果を制御する関数 $F()$ 、画像上の座標 x, y を用い、

$$f_d(x, y) = f_{uso}(x, y) + F(f_1(x, y)) \times (f_1(x, y) - f_{us}(x, y))$$

なる演算式で表わされるように、各手段101～106による画像処理を行う。

【選択図】 図1

【書類名】
【訂正書類】

職権訂正データ
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000001007

【住所又は居所】

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

【氏名又は名称】

キャノン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100090273

【住所又は居所】

東京都豊島区東池袋1丁目17番8号 池袋TGホ
ーメストビル5階 國分特許事務所

【氏名又は名称】

國分 孝悦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社